

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 11 - 325915

(43) 公開日 平成11年(1999)11月26日

(51) Int. Cl. ⁶

識別記号

F I

G 0 1 C 19/56

G 0 1 C 19/56

G 0 1 P 9/04

G 0 1 P 9/04

審査請求 未請求 請求項の数 5

F D

(全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-153620

(22) 出願日 平成10年(1998)5月18日

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 根来 泰宏

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式

会社村田製作所内

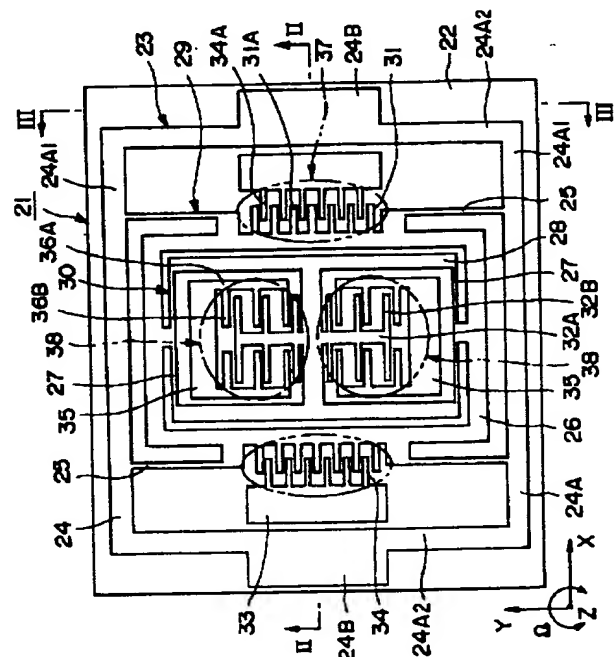
(74) 代理人 弁理士 広瀬 和彦

(54) 【発明の名称】 角速度センサ

(57) 【要約】

【課題】 周囲温度が変化したときでも、基板から支持梁に加わる応力の変動を抑え、振動体に一定振幅の振動を与える。

【解決手段】 第1の支持梁25を支持する枠状体24を、X軸方向に延びる2本の支持辺24A1、Y軸方向に延びる固定辺24A2から略口状をなす枠部24Aと、固定辺24A2の中央部に形成した枠固定部24Bとから構成する。Y軸方向に延びる第1の支持梁25の基端側は、基板22から離間した支持辺24A1に支持される。そして、枠状体24は、周囲温度が変化したとき、基板22の熱膨張と可動部23の熱膨張の差を緩和して第1の支持梁25に加わる応力を低減し、各第1の支持梁25のばね定数を温度変化に拘らず一定にする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、該基板上に設けられた枠状体と、基端側が該枠状体内に位置して支持され、前記基板に対して水平面上で互いに直交する第 1 の軸と第 2 の軸のうち第 2 の軸方向に延びる複数本の支持梁と、前記枠状体内に位置して該各支持梁の先端側に前記第 1 の軸方向と第 2 の軸方向に振動可能に設けられた振動体と、前記振動体に前記各支持梁を通して第 1 の軸方向に振動を与える振動発生手段と、前記基板と前記振動体との間に設けられ、該振動発生手段により振動体に第 1 の軸方向に振動を与えている状態で、該第 1 の軸と第 2 の軸に直交する第 3 の軸周りに角速度が加わったとき前記振動体に生じる第 2 の軸方向への変位を検出する変位検出手段とからなり、かつ前記枠状体は、前記基板の表面から離間した状態で少なくとも前記第 2 の軸方向に延び、前記各支持梁の基端側をそれぞれ支持する枠部と、該枠部の一部を前記基板の表面に固定する枠固定部とから構成してなる角速度センサ。

【請求項 2】 基板と、該基板上に設けられた枠状体と、基端側が該枠状体内に位置して支持され、前記基板に対して水平面上に互いに直交する第 1 の軸と第 2 の軸のうち第 2 の軸方向に延びる複数本の第 1 の支持梁と、前記枠状体内に位置して該各第 1 の支持梁の先端側に前記第 1 の軸方向に振動可能に設けられた第 1 の振動体と、基端側が該第 1 の振動体内に位置して支持され第 1 の軸方向に延びる第 2 の支持梁と、該第 2 の支持梁の先端側に前記第 2 の軸方向に振動可能に設けられた第 2 の振動体と、前記第 1 の振動体に前記各第 1 の支持梁を通して第 1 の軸方向に振動を与える振動発生手段と、該振動発生手段により第 1 の振動体を第 1 の軸方向に振動を与えている状態で、該第 1 の軸と第 2 の軸に直交する第 3 の軸周りに角速度が加わったとき前記第 2 の振動体に生じる第 2 の軸方向への変位を検出する変位検出手段とからなり、かつ前記枠状体は、前記基板の表面から離間した状態で少なくとも前記第 1 の支持梁の伸長方向に延び、前記各第 1 の支持梁の基端側をそれぞれ支持する枠部と、該枠部の一部を前記基板の表面に固定する枠固定部とから構成してなる角速度センサ。

【請求項 3】 前記枠状体の枠部は、略口状に形成してなる請求項 1 または 2 記載の角速度センサ。

【請求項 4】 前記枠状体の枠部は、略コ字状に形成してなる請求項 1 または 2 記載の角速度センサ。

【請求項 5】 前記枠状体、支持梁、振動体は、同一材料によって一体的に形成してなる請求項 1、2、3 または 4 記載の角速度センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、例えば角速度センサのように、振動体を振動させるのに用いて好適な角速度センサに関する。

【0002】

【従来の技術】 一般に、角速度センサを用いたものとして角速度センサが広く知られている。そこで、この角速度センサは、基板に対して水平な X 軸、Y 軸、垂直な Z 軸の合わせて 3 軸のうち、振動体をある方向の第 1 の軸方向、例えば X 軸方向に一定の振動を与えた状態で、外部から Z 軸（第 3 の軸）周りの角速度を加えると、振動体にコリオリ力（慣性力）が作用して該振動体は Y 軸（第 2 の軸）方向に振動する。そして、このコリオリ力による振動体の Y 軸方向の変位を圧電抵抗、静電容量等の変化として検出することにより、Z 軸周りに加わる角速度を検出するものである。

【0003】 ここで、従来技術による角速度センサについて、図 8 を参照しつつ説明するに、角速度センサとしては特開平 6 - 1 2 3 6 3 2 号公報を例に挙げて示す。

【0004】 1 は従来技術による角速度センサ、2 は該角速度センサ 1 の基台となる板状に形成された基板で、該基板 2 は例えばガラス材料によって形成されている。

【0005】 3 は基板 2 上に P、B、S b 等がドーピングされた低抵抗なポリシリコン、単結晶シリコン等のシリコン材料によって形成された可動部で、該可動部 3 は基板 2 の四隅に位置して該基板 2 上に設けられた 4 個の梁固定部 4 と、該各梁固定部 4 から中央部に向け、X 軸に延びる部分と Y 軸に延びる部分を有して L 字状に折曲して形成された 4 本の支持梁 5 と、該各支持梁 5 の先端に支持され、X 軸方向、Y 軸方向に振動可能に設けられた振動体 6 とからなり、X 軸方向となる振動体 6 の左右両側面には 4 枚の電極板 7 A からなる可動側振動電極 7 が突出形成され、Y 軸方向となる振動体 6 の前後両側面には 4 枚の電極板 8 A からなる可動側検出電極 8 が突出形成されている。

【0006】 また、可動部 3 は、各梁固定部 4 のみが基板 2 に支持され、各支持梁 5 と振動体 6 は前記基板 2 から浮いた状態で支持され、振動体 6 は各支持梁 5 の Y 軸と平行となる部分によって X 軸（第 1 の軸）方向に振動可能となり、X 軸と平行となる部分によって Y 軸（第 2 の軸）方向に振動可能となっている。

【0007】 9、9 は基板 2 上に振動体 6 を挟んで左右に設けられた一対の振動用固定部で、該各振動用固定部 9 には、可動側振動電極 7 と対向する面に 4 枚の電極板 10 A からなる固定側振動電極 10 が突出形成されている。

【0008】 11、11 は基板 2 上に振動体 6 を挟んで前後に設けられた一対の検出用固定部で、該各検出用固定部 11 には、可動側検出電極 8 と対向する面に 4 枚の電極板 12 A からなる固定側検出電極 12 が突出形成されている。

【0009】 13、13 は基板 2 と振動体 6 との間に設けられた振動発生手段となる振動発生部で、該各振動発生部 13 は可動側振動電極 7 と固定側振動電極 10 とか

ら構成され、該電極 7、10 の電極板 7A、10A との間には隙間が形成されている。ここで、振動体 6 の左右の可動側振動電極 7 と固定側振動電極 10 との間に交互に周波数 f_0 のパルス波または正弦波等の駆動信号を印加すると、各電極板 7A、10A 間には静電力が発生し、この静電力によって振動体 6 は、第 1 の軸となる X 軸方向に同じ大きさで交互に振動する。

【0010】14、14 は基板 2 と振動体 6 との間に設けられた変位検出手段としての変位検出部で、該各変位検出部 14 は可動側検出電極 8 と固定側検出電極 12 とから構成され、該電極 8、12 の電極板 8A、12A との間には隙間が形成されている。また、可動側検出電極 8 と固定側検出電極 12 は、検出用の平行平板コンデンサとして構成され、当該各変位検出部 14 は各電極板 8A、12A 間の重なり面積の変化を静電容量の変化として検出する。

【0011】このように構成される角速度センサ 1 においては、各振動発生部 13 に交互に周波数 f_0 の駆動信号を入力すると、各電極板 7A、10A 間には静電引力が左右の振動発生部 13 に対して交互に作用し、振動体 6 は第 1 の軸となる X 軸方向に振動する。このとき、各振動発生部 13 によって振動体 6 を X 軸方向に移動させるときの、変位 x とその速度 v との関係は、次の数 1 によって表わされる。

【0012】

【数 1】 $x = A \sin \omega t$

$v = A \omega \cos \omega t$

A : 振動体 6 の振幅

ω : 駆動モードの角周波数

【0013】さらに、振動体 6 を X 軸方向に変位 x 、速度 v で振動させたとき、Z 軸（第 3 の軸）周りに加わる角速度 Ω によって Y 軸（第 2 の軸）方向に発生するコリオリ力 F は数 2 として表わされる。

【0014】

【数 2】 $F = 2m\Omega v$

m : 振動体 6 の質量

Ω : 角速度

v : 振動体 6 の X 軸方向の速度

【0015】そして、振動体 6 は数 2 のコリオリ力 F によって Y 軸方向に振動し、この振動体 6 による振動変位を、変位検出部 14 では電極板 8A、12A との間の静電容量の変化として検出し、Z 軸周りの角速度 Ω を検出する。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した従来技術による角速度センサ 1 では、その検出精度を高めるために、振動発生部 13 によって振動体 6 を大きな振幅で振動させればよいことは知られている。このため、振動体 6 の固有振動数（以下共振周波数という）を駆動信号の周波数 f_0 に近づけるように設計している。

【0017】また、一般にばね振動における共振周波数 f は、下記の数 3 によって定義されている。

【0018】

【数 3】

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

k : 支持梁 5 のばね定数

m : 振動体 6 の質量

【0019】ここで、従来技術による角速度センサ 1 では、基板 2 をガラス材料によって形成し、基板 2 上に設けられた可動部 3、振動用固定部 9 等はシリコン材料によって形成されている。また、両材料は異なった熱膨張率を持っているため、周囲温度が上昇した場合には、基板 2 の四隅に位置した梁固定部 4 間での基板 2 の伸びと、梁固定部 4 間に位置した支持梁 5、振動体 6 等の伸びとに差が生じる。

【0020】例えば、基板 2 側のガラス材料の熱膨張率がシリコンよりも大きい場合には、基板 2 側の伸びが大きくなり、各支持梁 5 には各梁固定部 4 から引張り応力が加わり、該支持梁 5 のばね定数 k が変化する。このため、上記数 3 中のばね定数 k が温度依存性を持つため、共振周波数 f も温度依存性を有することになる。

【0021】そして、温度変化によって共振周波数 f が変化するため、各振動発生部 13 によって振動される振動体 6 は、その振幅 x 、速度 v が変化してしまい、振動体 6 に一定の振動を起こすことができないという問題がある。

【0022】この結果、角速度センサ 1 は、周囲温度の変化により Z 軸周りに加わる角速度 Ω の検出感度がばらついてしまい、角速度センサ 1 の信頼性を低下させてしまうという問題があった。

【0023】また、一般に、駆動モードと検出モードの共振周波数が近いほど検出感度が高くなることが知られている。従って、周囲温度が変化した場合、温度変化によって駆動モードと検出モードの共振周波数が変化するため、各モード間の共振周波数の差が変化してしまい角速度センサとしての検出感度がばらついてしまう虞れがある。

【0024】本発明は上述した従来技術の問題に鑑みなされたもので、本発明は周囲温度の変化に拘らず振動体を常に一定の振幅で振動させることにより、検出感度のばらつきをなくし、信頼性を高めることのできる角速度センサを提供することを目的としている。

【0025】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決するために、請求項 1 の発明では、基板と、該基板上に設けられた枠状体と、基端側が該枠状体内に位置して支持され、前記基板に対して水平面上で互いに直交する第 1 の軸と第 2 の軸のうち第 2 の軸方向に延びる複数本の支持

梁と、前記枠状体内に位置して該各支持梁の先端側に前記第1の軸方向と第2の軸方向に振動可能に設けられた振動体と、前記振動体に前記各支持梁を通して第1の軸方向に振動を与える振動発生手段と、前記基板と前記振動体との間に設けられ、該振動発生手段により振動体に第1の軸方向に振動を与えている状態で、該第1の軸と第2の軸に直交する第3の軸周りに角速度が加わったとき前記振動体に生じる第2の軸方向への変位を検出する変位検出手段とからなり、かつ前記枠状体は、前記基板の表面から離間した状態で少なくとも前記第2の軸方向に延び、前記各支持梁の基端側をそれぞれ支持する枠部と、該枠部の一部を前記基板の表面に固定する枠固定部とから構成したことにある。

【0026】このように構成することにより、各支持梁の基端側は、第2の軸方向に延びる枠部にそれぞれ固定され、該枠部はその一部を枠固定部によって基板に固定しているから、周囲温度が変化して、基板の伸縮と、振動体、支持梁の伸縮とに差が生じた場合でも、この伸縮の差を第2の軸方向に延びる枠部によって緩和する。そして、伸縮の差から支持梁に加わる応力を低減でき、温度変化に拘らず、支持梁のばね定数を一定に保つことができる。

【0027】請求項2の発明では、基板と、該基板上に設けられた枠状体と、基端側が該枠状体内に位置して支持され、前記基板に対して水平面上に互いに直交する第1の軸と第2の軸のうち第2の軸方向に延びる複数本の第1の支持梁と、前記枠状体内に位置して該各第1の支持梁の先端側に前記第1の軸方向に振動可能に設けられた第1の振動体と、基端側が該第1の振動体内に位置して支持され第1の軸方向に延びる第2の支持梁と、該第2の支持梁の先端側に前記第2の軸方向に振動可能に設けられた第2の振動体と、前記第1の振動体に前記各第1の支持梁を通して第1の軸方向に振動を与える振動発生手段と、該振動発生手段により第1の振動体を第1の軸方向に振動を与えている状態で、該第1の軸と第2の軸に直交する第3の軸周りに角速度が加わったとき前記第2の振動体に生じる第2の軸方向への変位を検出する変位検出手段とからなり、かつ前記枠状体は、前記基板の表面から離間した状態で少なくとも前記第1の支持梁の伸長方向に延び、前記各第1の支持梁の基端側をそれぞれ支持する枠部と、該枠部の一部を前記基板の表面に固定する枠固定部とから構成したことにある。

【0028】このように構成することにより、各第1の支持梁の基端側は、第1の支持梁の伸長方向に延びる枠部にそれぞれ固定され、該枠部はその一部を枠固定部によって基板に固定しているから、周囲温度が変化したとき、第1の支持梁の伸長方向に延びる枠部によって熱膨張による伸縮の差を緩和し、第1の支持梁に加わる応力を低減でき、このばね定数の変動を低減する。これにより、第1、第2の振動体の質量と第1の支持梁のばね定

数とによって設定される第1の軸方向への振動系の共振周波数が、温度変化によって変動するのを抑えることができる。

【0029】請求項3の発明では、枠状体の枠部を略口状に形成したことにある。

【0030】請求項4の発明では、枠状体の枠部を略コ字状に形成したことにある。

【0031】このような構成とすることにより、各支持梁の基端側を、略口状または略コ字状に形成した枠部にそれぞれ固定しているから、周囲温度が変化して熱膨張によって基板が進出した場合でも、支持梁に加わる応力を小さくすることができる。

【0032】請求項5の発明では、枠状体、支持梁、振動体を、同一材料によって一体的に形成したことにある。

【0033】このように構成することにより、基板から離間した枠状体の枠部、支持梁、振動体が周囲温度の変化によって伸縮した場合でも、同一材料によって形成された各部位の伸びは均一となっているから、支持梁のばね定数を一定に保つことができる。

【0034】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る実施の形態に適用される角速度センサを、図1ないし図7を参照しつつ説明する。

【0035】まず、図1ないし図3に基づいて、本発明による第1の実施の形態について述べる。21は角速度センサ、22は該角速度センサ21の基台をなす矩形状に形成された基板で、該基板22は例えばガラス材料によって形成されている。

【0036】23は基板22上にP、S、Sb等がドーピングされた低抵抗なポリシリコン、単結晶シリコン等のシリコン材料によって形成された可動部で、該可動部23は基板22上に設けられた略口状に形成された枠状体24と、基端側が該枠状体24の四隅に支持され、先端側が中央部に向けてY軸方向に伸びる4本の第1の支持梁25と、該各第1の支持梁25の先端に支持され、該各第1の支持梁25によってX軸方向に振動可能な長方形の枠状に形成された第1の振動体26と、該第1の振動体26の短尺辺の中央から突出しX軸方向に延びる4本の第2の支持梁27と、該各支持梁27によってY軸方向に振動可能に設けられたH字状の第2の振動体28とから構成されている。

【0037】ここで、第1の支持梁25、第1の振動体26、第2の振動体28によって第1の軸方向となるX軸方向へ振動する振動系29を構成し、前記第2の支持梁27、第2の振動体28によって第2の軸となるY軸方向へ振動する検出系30を構成している。また、前記振動系29は、第1の振動体26と第2の振動体28の質量と、第1の支持梁25のばね定数によって設定される振動側共振周波数 f_1 を有し、検出系30は、第2の

振動体28の質量と、第2の支持梁27のばね定数によって設定される検出側共振周波数 f_2 を有している。

【0038】また、杵状体24は、基板22から寸法 a だけ離間した状態で、前後に離間してX軸方向に伸びる2本の支持辺24A1、左右に離間してY軸方向に伸びる2本の固定辺24A2によって略口状に形成された杵部24Aと、該杵部24Aのうち各固定辺24A2の中央部に位置して形成された杵固定部24Bとから構成され、該杵状体24は杵部24Aの一部となる杵固定部24Bによって基板22上に固定されている。また、第1の振動体26からY軸方向に延びる第1の支持梁25の基端側は、各支持辺24A1の左右両側に支持されている。

【0039】そして、可動部23は杵状体24の杵固定部24Bのみが基板22に固定され、第1の支持梁25、第1の振動体26、第2の支持梁27、第2の振動体28は、前記基板22から離間した状態で、4本からなる第1の支持梁25の基端側が、杵状体24の杵部24Aに4点支持されている。

【0040】さらに、4本からなる第1の支持梁25は、Y軸方向に伸長しているからX軸方向に撓ませることにより、第1の振動体26をX軸方向に変位させる。また、4本からなる第2の支持梁27は、X軸方向に伸長しているからY軸方向に撓ませることにより、第2の振動体28をY軸方向に変位させることができる。

【0041】31、31は第1の振動体26の左右の長尺辺に形成された可動側振動電極で、これら2個の可動側振動電極31は7枚の電極板31Aをくし状に配置することによって構成されている。そして、各可動側振動電極31は後述する固定側振動電極34と共に振動発生部37を構成する。

【0042】32、32は第2の振動体28の中央辺の中心から上下に向けて形成された可動側検出電極で、これら2個の可動側検出電極32は、Y軸方向に延びる腕部32Aと、該腕部32Aに均等間隔で左右方向に向けて延びる6枚の電極板32Bとによってアンテナ状に形成されている。そして、該可動側検出電極32は後述する固定側検出電極36と共に変位検出部38を構成する。

【0043】33、33は振動用固定部で、これら2個の振動用固定部33は第1の振動体26を左右から挟むように基板22上に設けられている。34、34は固定側振動電極で、これら2個の固定側振動電極34は、可動側振動電極31の各電極板31Aと隙間をもって交互に対面するように、振動用固定部33に突出形成された6枚の電極板34Aからなる。

【0044】35、35は検出用固定部で、これら2個の検出用固定部35は第2の支持梁27と第2の振動体28との空間内に位置した基板22上に設けられている。36、36は固定側検出電極で、これら2個の固定

側検出電極36は、検出用固定部35の左右両側から上下方向に延びる腕部36Aと、可動側検出電極32の各電極板32Bと隙間をもって交互に対面するように、該腕部36Aから内側に向けて突出形成された6枚の電極板36Bとから構成される。

【0045】37、37は振動発生手段としての振動発生部で、これら2個の振動発生部37はそれぞれ可動側振動電極31と固定側振動電極34とによって構成され、該可動側振動電極31の各電極板31Aと、固定側振動電極34の各電極板34Aとの間にはそれぞれ等しい隙間が形成されている。ここで、可動側振動電極31と固定側振動電極34との間には、逆位相となる周波数 f_0 のパルス波または正弦波等の駆動信号を印加され、左右に位置した電極板31A、34A間には静電引力が交互に発生し、各振動発生部37で近接、離間を繰り返す。これにより、各振動発生部37は、第1の振動体26、第2の振動体28等をX軸方向（第1の軸方向）に振動させる。

【0046】38、38は変位検出手段としての変位検出部で、これら2個の変位検出部38は可動側検出電極32と固定側検出電極36とによって構成され、該可動側検出電極32の各電極板32Bと、固定側検出電極36の各電極板36Bとの間はそれぞれ離間している。また、可動側検出電極32と固定側検出電極36は、検出用の平行平板コンデンサとして構成され、当該各変位検出部38は各電極板32B、36B間の離間寸法の変化を静電容量の変化として検出する。

【0047】ここで、本実施の形態による角速度センサ21は、角速度 Ω の検出感度を高めるために、振動系29の振動側共振周波数 f_1 、検出系30の検出側共振周波数 f_2 、各振動発生部37に印加される駆動信号の周波数 f_0 を同調させ、第1の振動体26、第2の振動体28を小さな駆動力によって大きく振動させると共に、検出感度を高くさせるものである。

【0048】本実施の形態による角速度センサ21は、上述した如くに構成され、次にZ軸（第3の軸）周りに角速度 Ω を加えた場合の検出動作について説明する。

【0049】まず、左右に位置した振動発生部37に逆位相となる駆動信号を印加すると、各電極板31A、34A間に静電引力が左右の振動発生部37、37に対して交互に作用し、第1の振動体26と第2の振動体28はX軸方向に振動を発生する。この場合、各第1の支持梁25がX軸方向に撓むだけで、第2の支持梁27はX軸方向には撓まないから、第2の振動体28もX軸方向にのみ振動する。この状態で、Z軸（第3の軸）周りに角速度 Ω が加わると、Y軸（第2の軸）方向にコリオリ力 F （慣性力）が発生する。

【0050】そして、このコリオリ力 F によって、第2の振動体28はY軸方向に振動し、この第2の振動体28の振動変位を、各変位検出部38では、可動側検出電

極 3 2 と固定側検出電極 3 6 との間の静電容量の変化として検出し、Z 軸周りの角速度 Ω を検出することができる。

【0051】また、本実施の形態による角速度センサ 2 1 では、第 1 の振動体 2 6 から Y 軸方向に延びる各第 1 の支持梁 2 5 の基端側を、Y 軸方向に延びる各支持辺 2 4 A1 の両側に支持し、枠部 2 4 A は固定辺 2 4 A2 の中央部に形成した Y 軸方向に延びる部分の比較的短い枠固定部 2 4 B によって基板 2 2 に固定されている。さらに、各枠固定部 2 4 B は X 軸方向に離間して設けられているものの、Y 軸方向には離間せずに 1 個のみ設けられている。

【0052】このため、周囲温度の上昇によって基板 2 2 が伸びたとき、基板の Y 軸方向の伸びは、枠固定部 2 4 B の Y 軸方向にのみ加わり、該枠固定部 2 4 B は Y 軸方向には短尺であるから、基板 2 2 から枠状体 2 4 の枠部 2 4 A に加わる Y 軸方向の応力を低減できる。

【0053】一方、枠状体 2 4 は、第 1 の支持梁 2 5、第 1 の振動体 2 6、第 2 の支持梁 2 7、第 2 の振動体 2 8 等と共に可動部 2 3 の一部としてシリコン材料によって一体的に形成されているから、可動部 2 3 の各部位では熱膨張による伸縮は常に均一となる。

【0054】かくして、本実施の形態による角速度センサ 2 1 では、周囲温度の変化により、基板 2 2 と可動部 2 3 とに異なる伸縮が発生した場合でも、枠状体 2 4 の枠部 2 4 A によって、Y 軸方向の基板 2 2 の伸縮と可動部 2 3 の伸縮との差を緩和することができ、基板 2 2 の伸縮により第 1 の支持梁 2 5 に加わる応力を低減することができる。

【0055】しかも、枠状体 2 4 は、可動部 2 3 を構成する各部位と同一のシリコン材料によって一体的に形成されているから、可動部 2 3 を構成する各部位の伸びは均一になり、第 1 の振動体 2 6、第 2 の支持梁 2 7、第 2 の振動体 2 8 を支持する各第 1 の支持梁 2 5 のばね定数は、周囲温度が変化した場合でも、その変化を低減することができる。

【0056】なお、枠状体 2 4 には X 軸方向に伸びる支持辺 2 4 A1 が形成されているから、該支持辺 2 4 A1 によって、基板 2 2 側の X 軸方向の伸びが第 1 の支持梁 2 5 に伝わるのを緩和することができる。しかも、第 1 の支持梁 2 5 は Y 軸方向のみで X 軸方向には延びていないから、基板 2 2 の X 軸方向の伸縮は第 1 の支持梁 2 5 のばね定数に影響を与えていない。

【0057】このように、各第 1 の支持梁 2 5 は、ばね定数の温度依存性を低減することにより、振動系 2 9 の振動側共振周波数 f_1 の変化をなくすことができ、第 1 の振動体 2 6 は、周囲温度の変化に拘らず、常に一定の振幅で振動させることができる。この結果、角速度センサ 2 1 では、周囲温度が変化した場合でも、X 軸方向の第 2 の振動体 2 8 を常に一定の振幅で振動させることに

より、Z 軸周りに加わる角速度 Ω を高精度に検出することができ、当該角速度センサ 2 1 の信頼性を高めることができる。

【0058】また、各第 1 の支持梁 2 5 は、そのばね定数の温度依存性が低減し、振動系 2 9 の振動側共振周波数 f_1 の変化をなくすことができるようになり、周囲温度が変化した場合でも、振動側共振周波数 f_1 と検出側共振周波数 f_2 との差の変化も低減することができる。この結果、角速度センサ 2 1 は、検出感度のばらつきを小さくすることができる。

【0059】次に、第 2 の実施の形態を、図 4 と図 5 を参照しつつ説明するに、本実施の形態の特徴は、枠状体の枠部を基板に固定する枠固定部を基板の四隅に形成したことにある。なお、本実施の形態では、前述した第 1 の実施の形態と同一の構成要素に同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。

【0060】4 1 は本実施の形態に適用される角速度センサで、該角速度センサ 4 1 は、基板 2 2 と、該基板 2 2 上に形成された後述の可動部 4 2、振動用固定部 3 3、検出用固定部 3 5 等からなる。

【0061】4 2 は可動部 2 3 の代わりに基板 2 2 上に形成される可動部で、該可動部 4 2 は、シリコン材料によって形成され、基板 2 2 上に設けられた後述する枠状体 4 3 と、該枠状体 4 3 に支持され Y 軸方向に延びる 4 本の第 1 の支持梁 2 5 と、該各第 1 の支持梁 2 5 によって支持された枠状の第 1 の振動体 2 6 と、該第 1 の振動体 2 6 から内向きに突出し X 軸方向に延びる 4 本の第 2 の支持梁 2 7 と、該各支持梁 2 7 によって Y 軸方向に振動可能に設けられた H 字状の第 2 の振動体 2 8 とから構成されている。

【0062】4 3 は枠状体で、該枠状体 4 3 は、基板 2 2 から離間した状態で、前後に離間して X 軸方向に伸びる 2 本の支持辺 4 3 A1、左右に離間して Y 軸方向に伸びる 2 本の固定辺 4 3 A2 によって枠状に形成された枠部 4 3 A と、該枠部 4 3 A のうち各固定辺 4 3 A2 の長さ方向両端に位置して形成された 4 個の枠固定部 4 3 B とから構成され、該枠状体 4 3 は枠部 4 3 A の四隅に位置した枠固定部 4 3 B によって基板 2 2 上に固定されている。また、第 1 の振動体 2 6 から Y 軸方向にそれぞれ延びる第 1 の支持梁 2 5 の基端側は、各支持辺 4 3 A1 の左右両側に支持される。

【0063】このように構成される角速度センサ 4 1 は、Z 軸周りに加わる角速度 Ω の検出動作は第 1 の実施の形態で述べた角速度センサ 2 1 と同様にして検出することができる。

【0064】また、角速度センサ 4 1 では、前述した第 1 の実施の形態と同様に、周囲温度が上昇して基板 2 2 が伸びた場合でも、基板 2 2 の伸びを X 軸方向に延びる支持辺 4 3 A1 と、Y 軸方向に延びる固定辺 4 3 A2 とからなる枠状体 4 3 の枠部 4 3 A によって緩和すること

ができる。

【0065】これにより、周囲温度が変化した場合でも、基板22から枠状体43に支持された各第1の支持梁25に伝わる応力を低減でき、第1の支持梁25のばね定数の変化を低減することができる。この結果、角速度センサ41は、周囲温度の変化に拘らず、第2の振動体28を常に一定の振幅で振動させることができ、Z軸周りに加わる角速度 Ω を高精度に検出することができる。

【0066】さらに、各第1の支持梁25は、そのばね定数の温度依存性が低減し、振動系29の振動側共振周波数 f_1 の変化をなくすことができるようになり、周囲温度が変化した場合でも、振動側共振周波数 f_1 と検出側共振周波数 f_2 との差の変化も低減することができる。この結果、角速度センサ41は、検出感度のばらつきを小さくすることができる。

【0067】次に、第3の実施の形態を、図6に基づいて説明するに、本実施の形態の特徴は、枠状体の枠部を略コ字状に形成したことにある。なお、本実施の形態では、前述した第1の実施の形態と同一の構成要素に同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。

【0068】51は本実施の形態に適用される角速度センサで、該角速度センサ51は、基板22と、該基板22上に形成された後述する可動部52、振動用固定部33、検出用固定部35等からなる。

【0069】52は可動部23の代わりに基板22上に形成される可動部で、該可動部52は、シリコン材料によって形成され、基板22上の左右に設けられた後述する枠状体53、53と、該各枠状体53に支持された4本の第1の支持梁25と、該各第1の支持梁25の先端に支持された枠状の第1の振動体26と、該第1の振動体26から突出しX軸方向に延びる4本の第2の支持梁27と、該各支持梁27によってY軸方向に振動可能に設けられたH字状の第2の振動体28とから構成されている。

【0070】53、53は基板22の左右に設けられた2個の枠状体で、該各枠状体53は、基板22から離間した状態で、左右に離間してY軸方向に伸びる固定辺53A1、該固定辺53A1の長さ方向両端に位置してX軸方向に延びる2本の支持腕53A2からなる略コ字状に形成された枠部53Aと、該枠部53Aの各固定辺53A1の長さ方向両端に位置して形成された枠固定部53Bとから構成されている。そして、2個の枠状体53は枠部53Aの長さ方向両端に位置した2個の枠固定部53Bによって基板22上に固定されている。また、第1の振動体26からY軸方向にそれぞれ延びる第1の支持梁25の基端側は、各支持腕53A2の先端に支持されている。

【0071】このように構成される角速度センサ51は、Z軸周りに加わる角速度 Ω の検出動作は第1の実施

の形態で述べた角速度センサ21と同様にして検出することができる。

【0072】また、角速度センサ51では、前述した第1の実施の形態と同様に、周囲温度が上昇して基板22が伸びた場合でも、基板22の伸びをY軸方向に延びる固定辺53A1によって緩和することができる。そして、周囲温度の変化に拘らず、各第1の支持梁25は、そのばね定数の変化を低減することができる。この結果、角速度センサ51は、周囲温度の変化に拘らず、Z軸周りに加わる角速度 Ω の高精度な検出を行うことができ、信頼性を高めることができる。

【0073】さらに、各第1の支持梁25は、そのばね定数の温度依存性が低減し、振動系29の振動側共振周波数 f_1 の変化をなくすことができるようになり、周囲温度が変化した場合でも、振動側共振周波数 f_1 と検出側共振周波数 f_2 との差の変化も低減することができる。この結果、角速度センサ51は、検出感度のばらつきを小さくすることができる。

【0074】次に、第4の実施の形態を図7を参照しつつ説明するに、本実施の形態の特徴は、枠状の枠状体を従来技術で述べた角速度センサに用いたものである。なお、本実施の形態では前述した従来技術と同一の構成要素に同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。

【0075】61は本実施の形態に適用される角速度センサで、該角速度センサ61は、基板2と、該基板2上に形成された後述する可動部62、振動用固定部9、検出用固定部11等からなる。

【0076】62は基板2上にシリコン材料によって形成された可動部で、該可動部62は後述の枠状体63と、該各枠状体63の四隅から中央部に向けてL字状に折曲して形成された形成された支持梁5と、該各支持梁5の先端に支持された振動体6とからなる。

【0077】63は枠状体で、該枠状体63は、基板2から離間した状態で、前後に離間してX軸方向に伸びる2本の支持辺63A1、左右に離間してY軸方向に伸びる2本の固定辺63A2によって略口状に形成された枠部63Aと、該枠部63Aのうち各固定辺63A2の長さ方向中央部に位置して設けられた枠固定部63Bとから構成され、該枠状体63は枠部63Aの一部となる枠固定部63Bによって基板2上に固定されている。また、振動体6からY軸方向に延びる支持梁5の基端側は、各支持辺63A1の左右両側で支持されている。

【0078】このように構成される角速度センサ61では、X軸周りに加わる角速度 Ω の検出動作は従来技術と同様にして検出することができる。

【0079】また、角速度センサ61は、前述した第1の実施の形態と同様に、周囲温度が上昇して基板2が伸びた場合でも、基板2の伸びをX軸方向に延びる支持辺63A1と、Y軸方向に延びる固定辺63A2によって

緩和することができる。そして、周囲温度の変化に拘らず、各支持梁 5 は、そのばね定数の変化を低減することができる。この結果、角速度センサ 61 は、周囲温度の変化に拘らず、Z 軸周りに加わる角速度 Ω の高精度な検出を行うことができ、信頼性を高めることができる。

【0080】なお、第 4 の実施の形態では、杵状体 63 は、各固定辺 63A2 の長さ方向中央部に形成した杵固定部 63B によって基板 2 上に固定するようにしたが、これに限らず、第 2、第 3 の実施の形態のように、固定辺 63A2 の両端に杵固定部を形成し、該各杵固定部によって基板 2 に固定するようにしてもよい。さらに、杵状体 63 は略口状に限らず、第 4 の実施の形態のように略コ字状に形成してもよいことは勿論である。

【0081】また、実施の形態では、振動発生手段を、可動側振動電極と固定側振動電極とをくし状電極とし、各電極間に発生する静電引力によって振動体を振動させる構成としたが、本発明はこれに限らず、支持梁の近傍に圧電体を設け、該圧電体によって振動体を振動させるようにしてもよい。また、変位検出手段を、可動側検出電極と固定側検出電極とをくし状電極として各電極板間の離間寸法の変化を静電容量の変化として検出するようにしたが、これに代えて、支持梁に圧電体を設け、該圧電体の伸縮によって振動体の変位を検出するようにしてもよい。

【0082】

【発明の効果】以上詳述した如く、請求項 1 の本発明によれば、各支持梁の基端側は、第 2 の軸方向に延びる杵部にそれぞれ固定され、該杵部はその一部を杵固定部によって基板に固定しているから、杵状体は、周囲温度が変化したときでも、振動体、支持梁の熱膨張と、基板の熱膨張との差を緩和し、支持梁に加わる応力を低減する。これにより、支持梁のばね定数が周囲の温度変化によって変動するのをなくし、振動体を常に一定の振幅で振動させることにより、角速度の検出感度のばらつきをなくし、角速度センサの信頼性を高めることができる。

【0083】また、振動発生手段により、振動体が第 1 の軸方向に振動するときの周波数を振動側共振周波数、第 3 の軸周りに角速度が加わったときに振動体が第 2 の軸方向に振動するときの周波数を検出側共振周波数としたとき、周囲温度が変化した場合でも、支持梁のばね定数が変動するのを抑えることにより、振動側共振周波数と検出側共振周波数との差を低減することができ、角速度センサとしての検出感度のばらつきを小さくすることができる。

【0084】請求項 2 の発明では、各第 1 の支持梁の基端側は、第 1 の支持梁の伸長方向に延びる杵部にそれぞれ固定され、該杵部はその一部を杵固定部によって基板に固定しているから、周囲温度が変化したときの熱膨張の差による応力を低減する。これにより、第 1 の支持梁、第 1 の振動体、振動体からなる振動系の共振周波数

が温度変化によって変動するのを抑えることができ、温度変化の影響を受けずに、振動体を同じ振幅で振動させることができる。そして、角速度の検出感度のばらつきをなくし、角速度センサの信頼性を高めることができる。

【0085】請求項 3 の発明のように杵状体の杵部を略口状に形成し、請求項 4 の発明のように杵状体の杵部を略コ字状に形成したことにより、周囲温度が変化して熱膨張によって基板が伸びた場合でも、杵部によって支持梁に伝わる応力を小さくすることができる。

【0086】請求項 5 の発明では、杵状体、支持梁、振動体を、同一材料によって一体的に形成したから、基板から離間した杵状体の杵部、支持梁、振動体が周囲温度の上昇によって伸びた場合でも、同一材料によって形成された各部位の伸びは均一となっているから、支持梁に加わる応力を一定に保つことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】第 1 の実施の形態による角速度センサを示す平面図である。

【図 2】図 1 中の矢示 II-II 方向からみた断面図である。

【図 3】図 1 中の矢示 III-III 方向からみた断面図である。

【図 4】第 2 の実施の形態による角速度センサを示す平面図である。

【図 5】図 4 中の矢示 V-V 方向からみた断面図である。

【図 6】第 3 の実施の形態による角速度センサを示す平面図である。

【図 7】第 4 の実施の形態による角速度センサを示す平面図である。

【図 8】従来技術による角速度センサを示す平面図である。

【符号の説明】

5 支持梁

6 振動体

21, 41, 51, 61 角速度センサ

22 基板

23, 42, 52, 62 可動部

24, 43, 53, 63 杵状体

24A, 43A, 53A, 63A 杵部

24A1, 43A1, 63A1 支持辺

24A2, 43A2, 53A1, 63A2 固定辺

24B, 43B, 53B, 63B 杵固定部

25 第 1 の支持梁

26 第 1 の振動体

27 第 2 の支持梁

28 第 2 の振動体

31 可動側振動電極

34 固定側振動電極

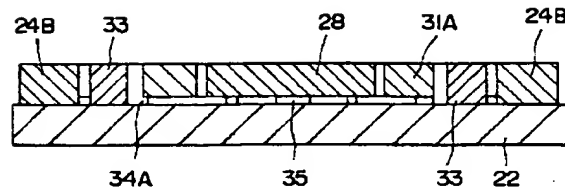
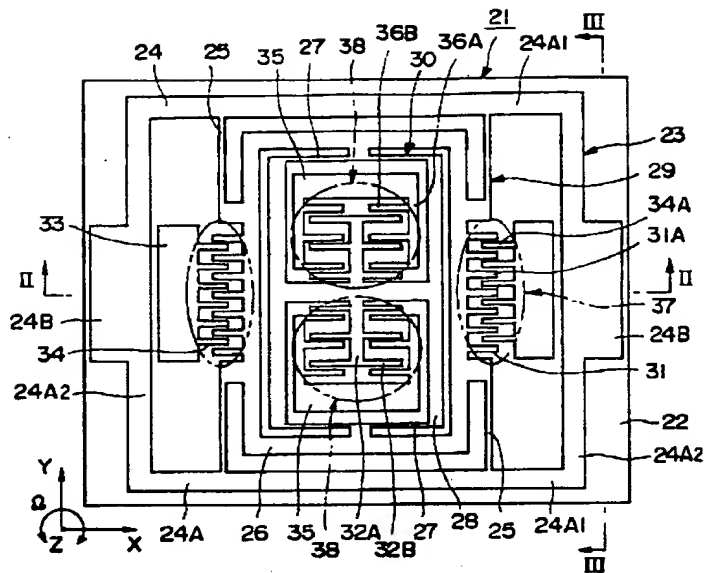
13, 37 振動発生部 (振動発生手段)

53A2 支持腕

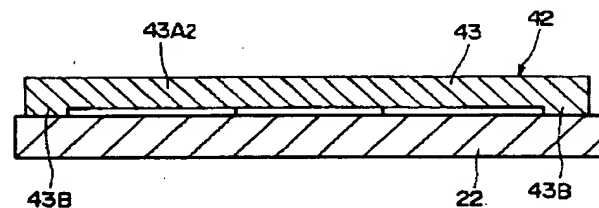
14, 38 変位検出部 (変位検出手段)

【図1】

【図2】

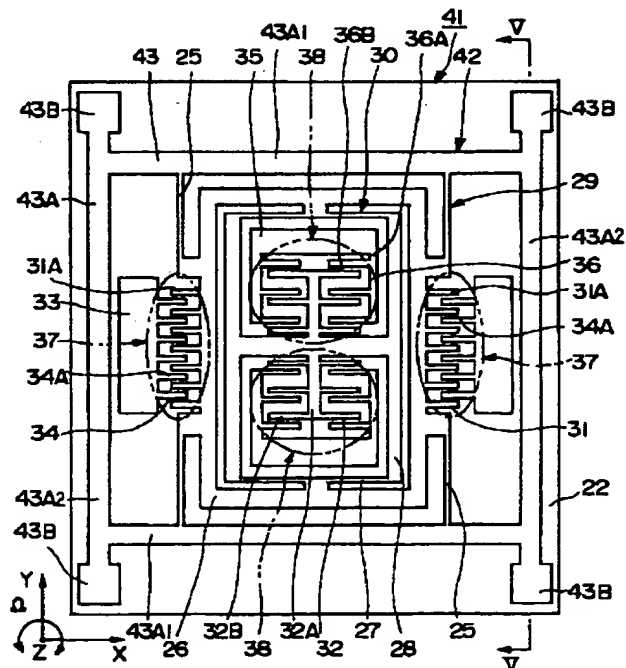
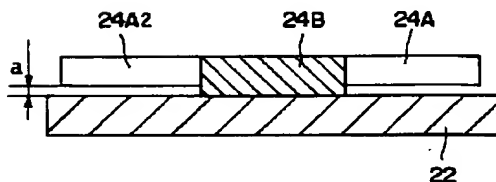


【図5】

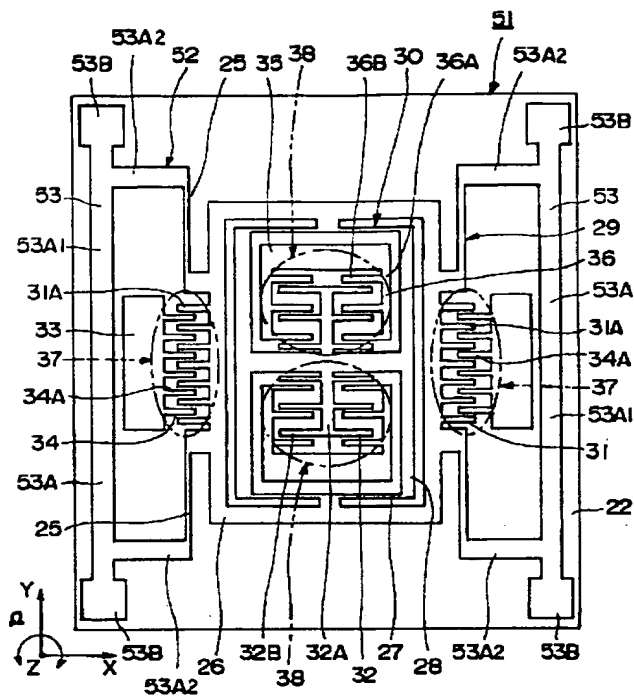


【図3】

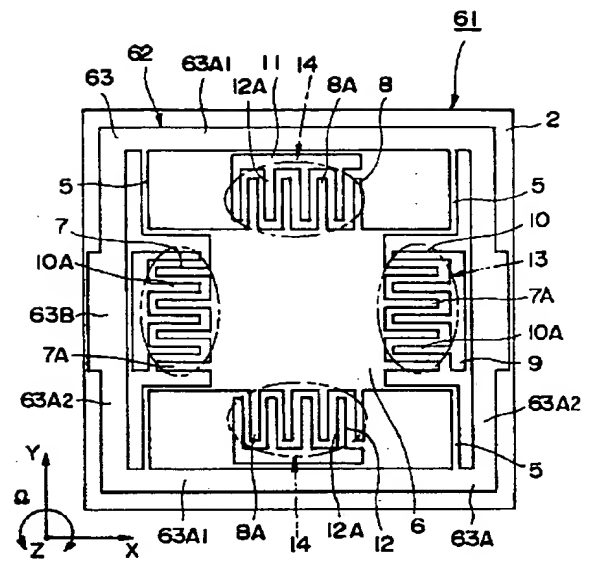
【図4】



【図6】



【図7】



【図8】

